

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-126060

(43)Date of publication of application : 13.05.1997

---

(51)Int.CI.

F02M 25/07

F02D 21/08

F02D 41/02

---

(21)Application number : 07-289986

(71)Applicant : ISUZU MOTORS LTD

(22)Date of filing : 08.11.1995

(72)Inventor : HATANAKA YOICHI

---

## (54) METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING EXHAUST GAS REFLUX

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve the maximum NOx reduction while the discharge amount of the smoke is suppressed constantly within the allowable range by realizing the EGR control of excellent accuracy to cope with rapid change in the operational condition.

**SOLUTION:** The exhaust gas reflux is controlled by adjusting an opening of an EGR valve according to the operational condition of an engine. The oxygen concentration R02 in the whole sucked air containing the EGR gas, and the ratio of the amount Q02 of oxygen in the whole sucked air to the fuel injection QF are obtained, and the oxygen-fuel ratio (Q02/QF) is compared with the allowable smoke limit value K, and when the oxygen-fuel ratio (Q02/QF) is smaller, the EGR valve is controlled so that the oxygen-fuel ratio is equal to the allowable smoke limit value. When the oxygen-fuel ratio is larger than the limit value, the EGR valve is controlled so that the oxygen concentration R02 is equal to the target oxygen concentration D02. The amount of oxygen required to keep the target smoke level can be secured thereby, and the maximum NOx reduction can be achieved.

---

### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The exhaust air reflux control approach characterized by performing EGR control that a low smoke should be maintained according to change of the oxygen absolute magnitude in [ all / containing EGR gas ] inhalation air, and performing EGR control in order to reduce NOx according to change of the oxygen density in [ above-mentioned all ] inhalation air.

[Claim 2] It faces performing exhaust air reflux control by adjusting the opening of an EGR valve according to an engine operation situation. Ask for the oxygen density in [ all / containing EGR gas ] inhalation air, and the ratio of the amount of oxygen in [ above-mentioned all ] inhalation air, and fuel oil consumption, and this oxygen fuel ratio is compared with a smoked tolerance value. It is the exhaust air reflux control approach characterized by controlling the above-mentioned EGR valve to become equal to the above-mentioned smoked tolerance value when the above-mentioned oxygen fuel ratio is small, and controlling the above-mentioned EGR valve so that the above-mentioned oxygen density becomes equal to a target oxygen density, when large.

[Claim 3] The detection means for being prepared in the downstream and detecting the air content and oxygen density rather than the connecting location of the EGR valve prepared in the exhaust air reflux way for making exhaust air flow back, and the above-mentioned exhaust air reflux way of an inhalation-of-air path, The storage section which is equipped with the control unit which operates the above-mentioned EGR valve according to the detection value and engine operation situation by this detection means, and memorizes a smoked tolerance value and the set point of a target oxygen density to this control unit, The comparison-operation section which compares these operation value with the above-mentioned set point, and judges the optimal opening of the above-mentioned EGR valve while calculating the oxygen density in [ all / that contains EGR gas based on the above-mentioned detection value ] inhalation air, and the ratio of the amount of oxygen in [ above-mentioned all ] inhalation air, and fuel oil consumption, The exhaust air reflux control unit characterized by preparing the output section which outputs a control signal so that the above-mentioned EGR valve may become the optimal opening.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

**JPO and NCIPPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to EGR, i.e., the exhaust air reflux control approach, which makes engine exhaust gas flow back suitably in an inhalation-of-air system, and its equipment.

[0002]

[Description of the Prior Art] If it is in these days, the exhaust air reflux (EGR) which aims at NOx reduction by returning a part of exhaust air to an inhalation-of-air system is used increasingly widely. Since generating of a smoke will serve as size if it becomes the excess of EGR when it is necessary to control with a sufficient precision compatible with the constancy of combustion etc. and applies to especially a diesel power plant, the amount of reflux (the amount of EGR(s)) needs the highly precise EGR control according to an engine operation situation.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, in the conventional EGR control, since it controlled based on the EGR rate (= the amount of EGR gas / the amount of amount of new mind inhalation + EGR gas) as shown, for example in JP,5-18324,A, control precision was not necessarily able to say that it was enough. That is, as shown in drawing 12, by the service condition, the relation between an EGR rate and the rate of NOx reduction (discharge rate when setting an NOx discharge when you have no EGR to 100) differs greatly, and the correlation mode does not set it to a heavy load, but the rate of NOx reduction changes rapidly by change of a kana EGR rate. This is for decreasing, if much oxygen is included in exhaust gas and it becomes a heavy load, in order to make it burn in air Rich at the time of low and an inside load. Therefore, when it is difficult to control NOx reduction by high degree of accuracy to the desired value and there was boost delay in the transition stage of a supercharged engine depending on an operation situation, for example further, there was a problem of having imitated aggravation of a smoke therefore insufficient [ oxygen ] and being easy to come.

[0004]

[Means for Solving the Problem] That said technical problem should be solved, this invention performs EGR control that a low smoke should be maintained according to change of the oxygen absolute magnitude in [ all / containing EGR gas ] inhalation air, and it performs EGR control in order to reduce NOx according to change of the oxygen density in [ all ] inhalation air. It faces originating this exhaust air reflux control approach, the NOx level as which this invention persons are express in the rate of NOx reduction by experiment etc. is uniquely decide irrespective of an operation situation depending on an inhalation oxygen density, and it has find out depending on excess air factor lambdaa also in consideration of the amount of oxygen in EGR gas for the smoked level express with discharge smoked concentration (refer to drawing 11) (referring to drawing 9). Moreover, it has found out that the oxygen density in exhaust gas changes with EGR rates (refer to drawing 10), and that the oxygen density in exhaust gas changes with the service conditions of an engine load and an engine speed a lot (refer to drawing 8). Furthermore, if smoked level has correlation strong against the ratio of the amount of oxygen, and fuel oil consumption and an inhalation air content moreover becomes less, the same oxygen density has also found out that a smoke gets worse (refer to drawing 7). Based on these research results, this invention proposes the oxygen density and oxygen absolute magnitude in [ all / containing EGR gas ] inhalation air as a control parameter replaced with a conventional EGR rate or a conventional excess air factor. Moreover by this control approach, the

maximum reduction of NO<sub>x</sub> can be performed, without a smoked discharge exceeding a tolerance value. [0005] Moreover, this invention is faced performing exhaust air reflux control by adjusting the opening of an EGR valve according to an engine operation situation. Ask for the oxygen density in [ all / containing EGR gas ] inhalation air, and the ratio of the amount of oxygen in [ above-mentioned all ] inhalation air, and fuel oil consumption, and this oxygen fuel ratio is compared with a smoked tolerance value. When an oxygen fuel ratio is small, an EGR valve is controlled to become equal to a smoked tolerance value, and when large, an EGR valve is controlled so that an oxygen density becomes equal to a target oxygen density. Thus, reduction of the maximum NO<sub>x</sub> can be aimed at, being able to secure the amount of oxygen required in order to maintain the smoked level used as a target, and always stopping the discharge of a smoke in an allowed value by controlling.

[0006] The EGR valve which this invention is equipment for enforcing said control approach, and was furthermore prepared in the exhaust air reflux way for making exhaust air flow back, The detection means for being prepared in the downstream and detecting the air content and oxygen density rather than a connecting location with the exhaust air reflux way of an inhalation-of-air path, The storage section which is equipped with the control unit which operates an EGR valve according to the detection value and engine operation situation by the detection means, and memorizes a smoked tolerance value and the set point of a target oxygen density to this control unit, The comparison-operation section which compares these operation value with the set point, and judges the optimal opening of an EGR valve while calculating the oxygen density in [ all / that contains EGR gas based on a detection value ] inhalation air, and the ratio of the amount of oxygen in [ above-mentioned all ] inhalation air, and fuel oil consumption, The output section which outputs a control signal so that an EGR valve may become the optimal opening is prepared. By this configuration, a detection means detects all the inhalation air contents and oxygen density containing EGR gas. A controller asks for the oxygen density in [ all ] inhalation air, and the ratio of the amount of oxygen in [ all ] inhalation air, and fuel oil consumption from these detection value and an operation situation. And this oxygen fuel ratio is compared with a smoked tolerance value, and an EGR valve is controlled by that size to the optimal opening. The highly precise EGR control which can aim at reduction of the maximum NO<sub>x</sub> is attained always stopping the discharge of a smoke in an allowed value now.

[0007]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the gestalt of operation of this invention is explained according to an accompanying drawing.

[0008] Drawing 1 explains first the exhaust air reflux control unit which applied this invention. This exhaust air reflux control unit is mainly constituted by the EGR valve 2 prepared in the exhaust air reflux way 1 for making exhaust air flow back, the detection means 4 for being prepared in the inhalation-of-air path 3, and detecting that air content and oxygen density, and the control unit 5 which operates the EGR valve 2 according to the detection value and engine operation situation by the detection means 4.

[0009] The exhaust air reflux way is connected so that these may be connected with a flueway 6 and the inhalation-of-air path 3 too hastily. The flueway 6 has extended so that exhaust gas may be discharged via a muffler 9 from the exhaust manifold 8 of an engine 7. The inhalation-of-air path 3 leads the open air to the intake manifold 11 of an engine 7 via an air cleaner 10. The EGR valve 2 operates with the actuator 13 by which connection was carried out to the output section 12 of a control unit 5, makes a part of exhaust gas which flows a flueway 6 according to the opening join the inhalation-of-air path 3, and makes an engine 7 flow back.

[0010] The detection means 4 is formed in the inhalation-of-air path 3 of the downstream rather than the connecting location (unification location) 22 with the exhaust air reflux way 2. Flow rate VA of all the inhalation air containing the EGR gas which joined new mind by detecting a pressure etc. The intake air flow sensor 14 to measure, It consists of an oxygen density sensor 15 which measures the oxygen density RO2 in [ all ] inhalation air using the electromotive force of a solid electrolyte etc., and an intake-air-temperature sensor 16 which measures the intake-air temperature Ti for amending the specific gravity of oxygen. Connection of these sensors 14, 15, and 16 is carried out to the input section 17 of a control unit 5, respectively. In addition, when the sensor which measures the mass flow rate of air is used as an intake air flow sensor 14, the intake-air-temperature sensor 16 may be omitted. In addition, the rotation sensor 18

which measures the rotation frequency Ne of an engine 7 as a sensor for detecting an operation situation and accelerator opening VL. It has the accelerator opening sensor 19 for measuring, and connection is carried out to the input section 17 of a control unit 5.

[0011] The control unit 5 is equipped with the storage section 20 which memorizes the smoked tolerance value (smoked limit) decided from a regulation-of-exhaust-gas value, salability, etc., and the set point of the target oxygen density DO 2, and the comparison-operation section (CPU) 21 which performs a predetermined operation and a predetermined comparative judgment based on a detection value besides the input section 17 and the output section 12. the storage section 20 -- an engine speed Ne and accelerator opening VL from -- fuel oil consumption QF With the fuel-oil-consumption map (refer to drawing 3 ) for asking an engine speed Ne and fuel oil consumption QF from -- with the oxygen density map (referring to drawing 4 ) for asking for the target oxygen density DO 2 the smoked level map (refer to drawing 5 ) showing relation with oxygen fuel ratio (QO2/QF) smoked concentration, and an engine speed Ne and fuel oil consumption QF from -- the oxygen fuel ratio map (refer to drawing 6 ) for calculating the smoked tolerance value K is prepared. Among these, fuel oil consumption QF If it carries out, the fuel oil consumption per unit time amount (a liter/1 time amount) is used. Moreover, inhalation air content QO2 in an oxygen fuel ratio (QO2/QF) is computed by the degree type.

[0012]  $QO2 = VA \times \text{gammax}RO 2/100$  -- \*\* -- the oxygen ratio pile and the comparison-operation section 21 at the time here [ temperature / Ti / gamma; ] By carrying out the comparative judgment of an oxygen fuel ratio (QO2/QF), the smoked tolerance value K and the inhalation oxygen density RO2 which were finally obtained by the retrieval and the operation on these maps, and the target oxygen density DO 2, respectively It asks for the optimal opening of the EGR valve 2 at the time, and the active signal to an actuator 13 is outputted via the output section 12.

[0013] Next, the gestalt of operation of the exhaust air reflux control approach of this invention is explained as actuation at the time of the exhaust air reflux control unit of said configuration performing opening control of the EGR valve 2 (refer to drawing 2 ).

[0014] That an operation situation should be grasped first, the engine rotation sensor 18 detects an engine speed Ne (ST 1), and it is the accelerator opening VL by the accelerator opening sensor 19. It detects (ST 2). In parallel to this, the inhalation air temperature Ti which passes along the inhalation-of-air path 3 by the intake-air-temperature sensor 16 is detected (ST 3), the oxygen density sensor 15 detects the oxygen density RO2 of inhalation air (ST 4), and it is the inhalation air content VA by the intake air flow sensor 14. It detects (ST 5). While the EGR valve 2 is opening these detection, all the inhalation air that added not only new mind but EGR gas is applicable.

[0015] Next, these detection values Ne and VL, and Ti, RO2 and VA The comparison-operation section 21 of the inputted control unit 5 performs a predetermined operation and retrieval. That is, by the fuel-oil-consumption map shown in drawing 3 , it is the accelerator opening VL. And an engine speed Ne to fuel oil consumption QF It searches (ST 6). For example, when the inside of drawing and an engine speed Ne are "n", it is the accelerator opening VL. If it is 70%, it is fuel oil consumption QF. It asks with "q." And by the oxygen density map shown in drawing 4 , it is fuel oil consumption QF. And the target oxygen density DO 2 is searched from an engine speed Ne (ST 7). For example, the inside of drawing and an engine speed Ne are "n" and fuel oil consumption QF. If it is "q", it will ask with  $2= 17\%$  of DOs. Next, the target oxygen density DO 2 for which it asked on this oxygen density map judges whether it is an EGR field and whether it is  $2!=21\%$  of DOs (ST 8). If the target oxygen density DO 2 is 21%, exhaust air reflux shall not be performed by making the EGR valve 2 into a close by-pass bulb completely (ST 9), and it returns to detection and retrieval of the flow beginning. And if it is an EGR field, it will ask for the oxygen fuel ratio (K) which is equivalent to a smoked tolerance value on the oxygen fuel ratio map shown in drawing 6 by the aforementioned \*\* type while calculating amount QO2 of inhalation oxygen (ST10) (ST11). For example, if "n" and fuel oil consumption Q are among drawing and an engine speed Ne is "q", the oxygen fuel ratio of a smoked tolerance value will be called for with "K2." And the comparison with the oxygen fuel ratio (QO2/QF) by the smoked tolerance value K and the detection value is performed (ST12). In this comparison, when an oxygen fuel ratio (QO2/QF) is larger than the smoked tolerance value K (i.e., when the amount of oxygen used as a good smoke is secured), the EGR valve 2 from which an oxygen density RO2 turns into the target oxygen density DO 2 is controlled (ST13). For example, if it is  $RO2>DO2$ ,

opening of the EGR valve 2 will be enlarged, the amount of EGR(s) will be increased, and it will be made to be set to  $RO_2=DO_2$ . Moreover, if it is  $RO_2 < DO_2$ , opening of the EGR valve 2 will be made small and the amount of EGR(s) will be reduced. If the amount of EGR(s) becomes less, since the inhalation air content of new mind will increase so much, the oxygen density  $RO_2$  of all inhalation air increases, and it makes opening small until it finally serves as  $RO_2=DO_2$ . At and when [ when an oxygen fuel ratio ( $QO_2/QF$ ) is smaller than the smoked tolerance value  $K$  (i.e., when "a" is located on the left of "K" among drawing 5 ) ] since the operation (rotation) field exceeding a smoked limit will exist as shown all over [ An ] drawing --  $QO_2/QF$  -- opening of the EGR valve 2 is made small so that it may be set to  $=K$ , and required amount  $QO_2$  of oxygen is secured (ST14).

[0016] Thus, an oxygen density  $RO_2$ , and amount  $QO_2$  of oxygen and fuel oil consumption  $QF$  in [ all / containing EGR gas ] inhalation air The opening of the EGR valve 2 shall be controlled according to change of a ratio. When it is amount  $QO_2$  of oxygen fewer than the smoked tolerance value  $K$ , make oxygen absolute magnitude increase and target smoked level is secured. Since it was made to consider as the oxygen density  $RO_2$  required when it is many amount  $QO_2$  of oxygen, in order to decrease on target  $NO_x$  level, it can certainly be compatible in the low smoke and maximum  $NO_x$  reduction, and the highly precise EGR control according to all operation situations can be attained. For example, although inhalation air decreases rather than a steady state by the transients at the time of acceleration etc. as boost delay occurs and it was shown in drawing 7 when it applies to a supercharge diesel power plant, it is fuel oil consumption  $QF$ . Since control in consideration of the amount of need [ of receiving ] oxygen ( $QO_2/QF$ ) is carried out, it can respond to change of the operation situation in an instant, and there is nothing with loam Lycium chinense about the situation where a smoked discharge exceeds the tolerance value  $K$ . Moreover, even if the situation of a proper is in each equipment that inhalation-of-air resistance increases by clogging of an air cleaner etc., and an inhalation air content decreases, highly precise EGR control can be performed, without being influenced by this.

[0017] In addition, although the smoked tolerance value  $K$  shall be changed according to an operation situation in drawing 2 (ST11), you may make it set up fixed as target level. Moreover, with drawing 4 </A> and the control map of drawing 6 , it is fuel oil consumption  $QF$  about one parameter. Although carried out, it is the accelerator opening  $VL$ . You may use. Furthermore, there is JP,4-116654,U to which it was presupposed that EGR control is performed as a technique which should be contrasted with this invention so that the yield of a smoke may not exceed tolerance. However, since this proposal does not measure a smoked limit air content with the amount of target new mind inhalation and the oxygen in EGR gas is not taken into consideration, or variation arises in how for there to be [ too few ] and require EGR, and only the oxygen content in EGR gas is considered that highly precise EGR control is difficult. [ too ] In this invention, it is taking the oxygen in EGR gas into consideration, and the highly precise EGR control which prevents aggravation of the smoke by change of a service condition can be attained.

[0018]

[Effect of the Invention] Above, in short, according to this invention, highly precise EGR control to which a rapid change of an operation situation etc. is equivalent can be performed, and the outstanding effectiveness that the maximum  $NO_x$  reduction is attained is demonstrated, always stopping the discharge of a smoke in an allowed value.

---

[Translation done.]

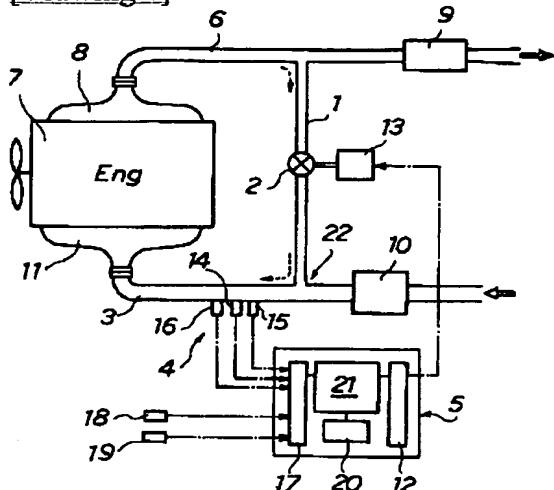
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

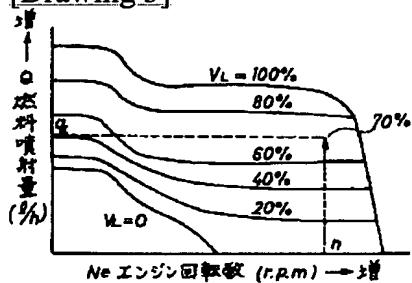
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

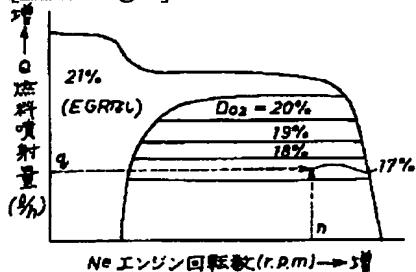
[Drawing 1]



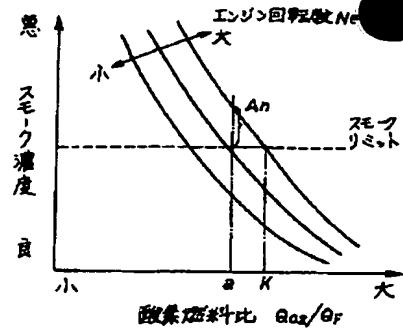
### [Drawing 3]



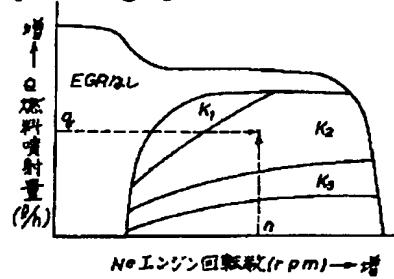
#### [Drawing 4]



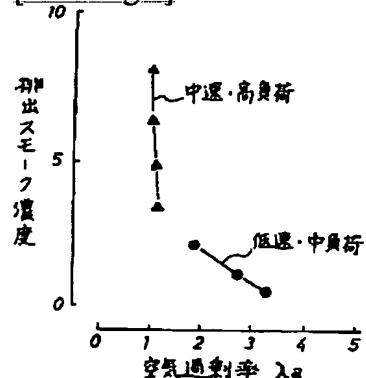
### [Drawing 5]



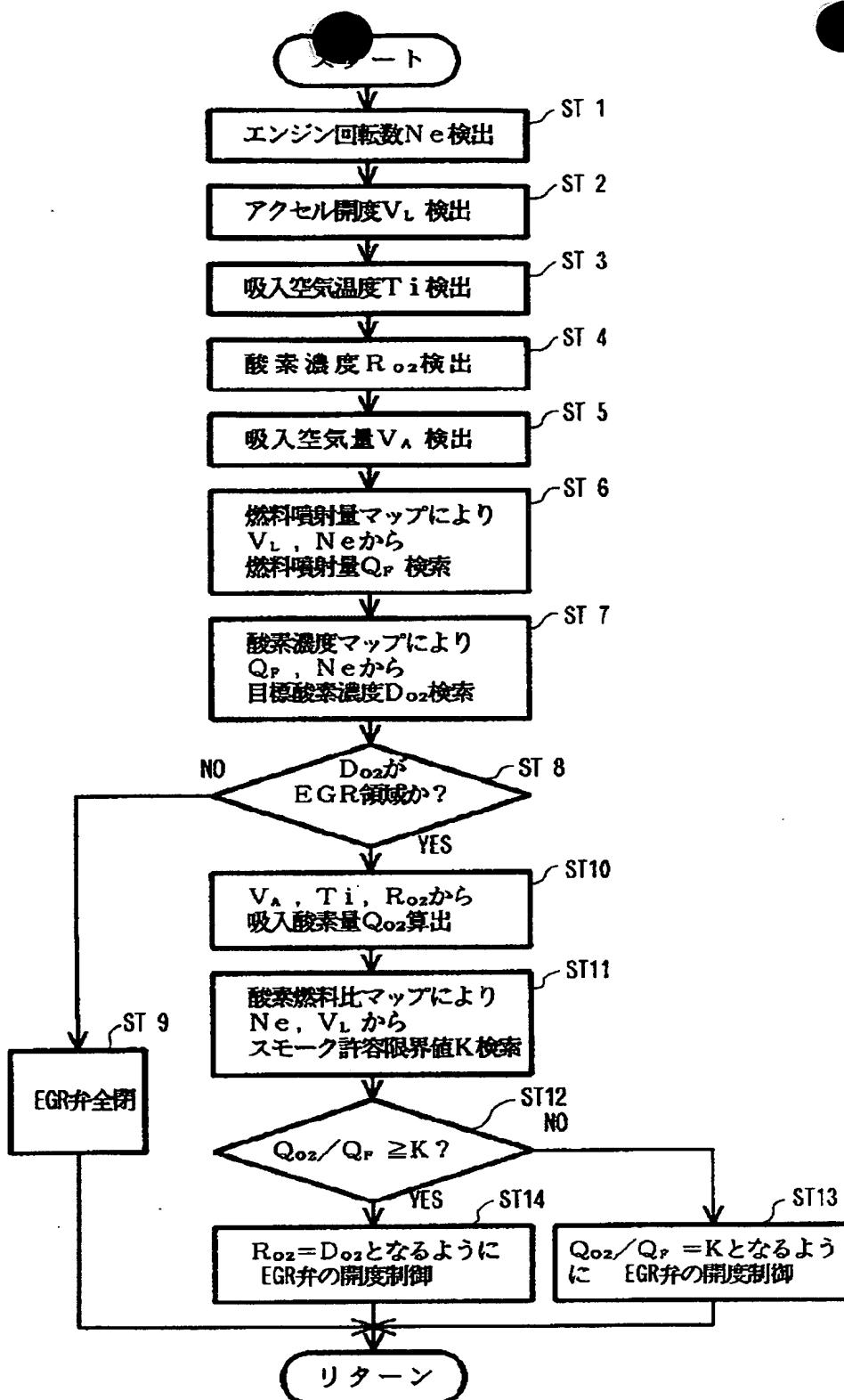
[Drawing 6]



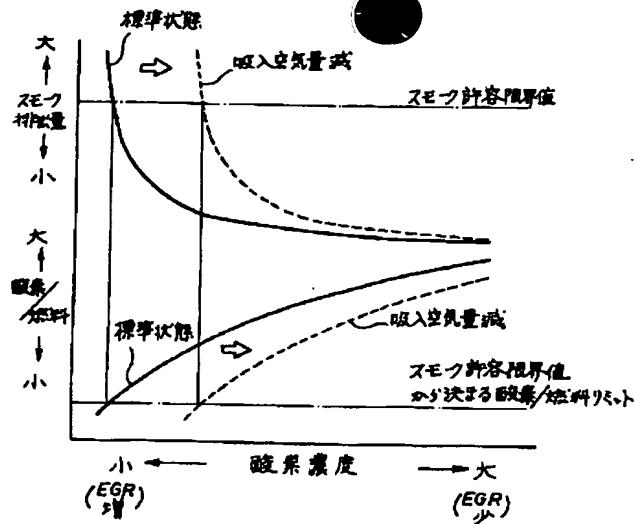
[Drawing 9]



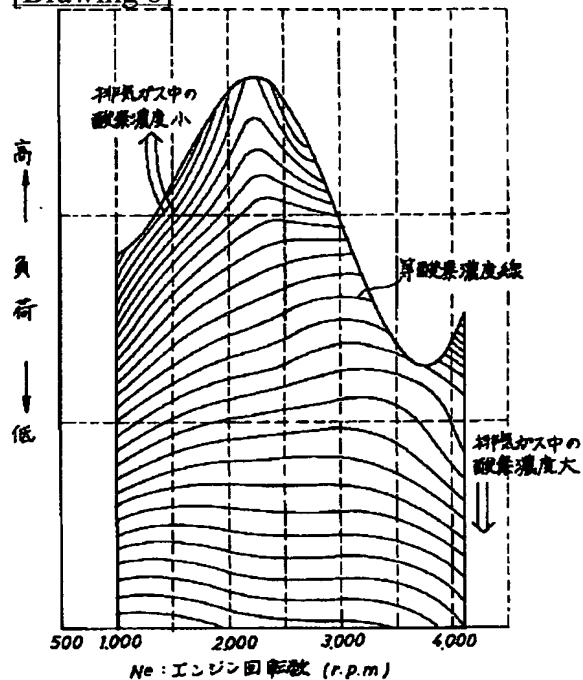
[Drawing 2]



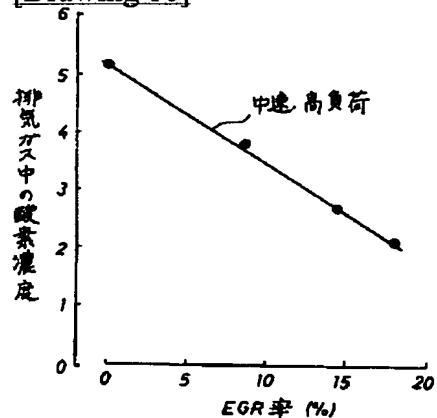
[Drawing 7]



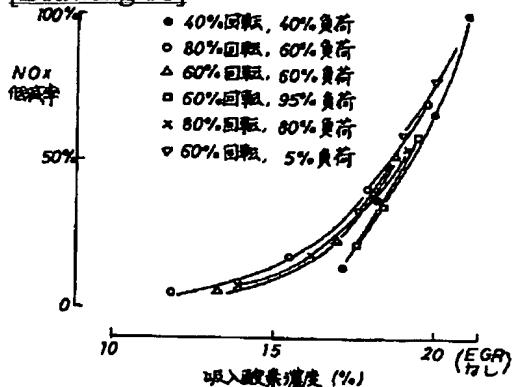
[Drawing 8]



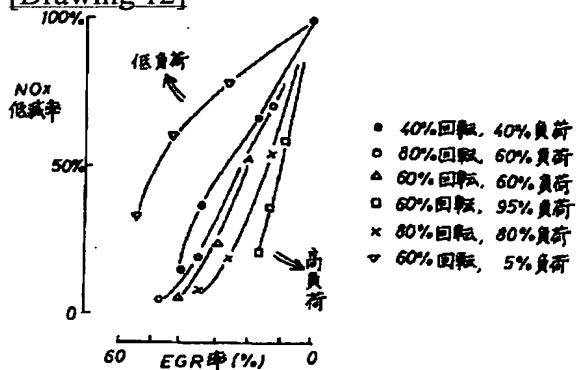
[Drawing 10]



[Drawing 11]



[Drawing 12]



[Translation done.]

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09126060 A**

(43) Date of publication of application: **13.05.97**

(51) Int. Cl

**F02M 25/07**  
**F02D 21/08**  
**F02D 41/02**

(21) Application number: **07289986**

(22) Date of filing: **08.11.95**

(71) Applicant: **ISUZU MOTORS LTD**

(72) Inventor: **HATANAKA YOICHI**

**(54) METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING  
EXHAUST GAS REFLUX**

**(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To achieve the maximum NOx reduction while the discharge amount of the smoke is suppressed constantly within the allowable range by realizing the EGR control of excellent accuracy to cope with rapid change in the operational condition.

**SOLUTION:** The exhaust gas reflux is controlled by adjusting an opening of an EGR valve according to the operational condition of an engine. The oxygen concentration  $R_{O_2}$  in the whole sucked air containing the EGR gas, and the ratio of the amount  $Q_{O_2}$  of oxygen

in the whole sucked air to the fuel injection QF are obtained, and the oxygen-fuel ratio ( $Q_{O_2}/QF$ ) is compared with the allowable smoke limit value K, and when the oxygen-fuel ratio ( $Q_{O_2}/QF$ ) is smaller, the EGR valve is controlled so that the oxygen-fuel ratio is equal to the allowable smoke limit value. When the oxygen-fuel ratio is larger than the limit value, the EGR valve is controlled so that the oxygen concentration  $R_{O_2}$  is equal to the target oxygen concentration  $D_{O_2}$ . The amount of oxygen required to keep the target smoke level can be secured thereby, and the maximum NOx reduction can be achieved.

**COPYRIGHT: (C)1997,JPO**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-126060

(43)公開日 平成9年(1997)5月13日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 02 M 25/07	5 5 0		F 02 M 25/07	5 5 0 D
F 02 D 21/08	3 0 1		F 02 D 21/08	5 5 0 R
	41/02	3 0 1		3 0 1 D
			41/02	3 0 1 E

審査請求 未請求 請求項の数3 O.L (全7頁)

(21)出願番号 特願平7-289986

(22)出願日 平成7年(1995)11月8日

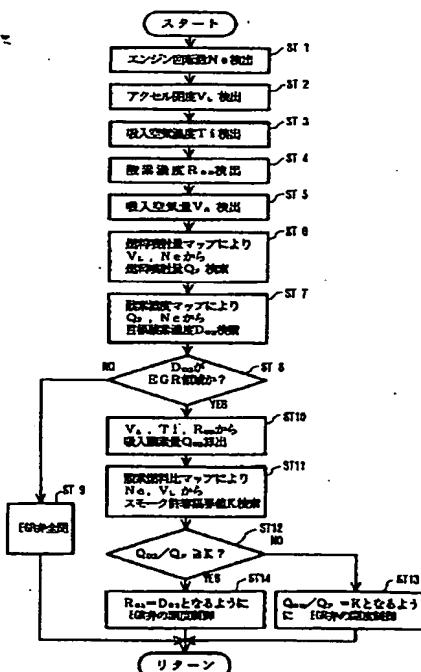
(71)出願人 000000170  
いすゞ自動車株式会社  
東京都品川区南大井6丁目26番1号  
(72)発明者 畑中 洋一  
神奈川県藤沢市土棚8番地 株式会社い  
すゞ中央研究所内  
(74)代理人 弁理士 絹谷 信雄

(54)【発明の名称】 排気還流制御方法及びその装置

(57)【要約】

【課題】 EGR率等に基づいた制御は、NO<sub>x</sub>低減を高精度で制御することは困難であり、運転状況等によつてはスモークの悪化をまねいていた。

【解決手段】 エンジンの運転状況に応じてEGR弁の開度を調節することにより排気還流制御を行う。EGRガスを含む全吸入空気中の酸素濃度R<sub>O2</sub>、及び全吸入空気中の酸素量Q<sub>O2</sub>と燃料噴射量Q<sub>F</sub>との比を求め、この酸素燃料比(Q<sub>O2</sub>/Q<sub>F</sub>)とスモーク許容限界値Kとを比較して、酸素燃料比(Q<sub>O2</sub>/Q<sub>F</sub>)が小さいときはスモーク許容限界値Kと等しくなるようにEGR弁を制御し、大きいときは酸素濃度R<sub>O2</sub>が目標酸素濃度D<sub>O2</sub>と等しくなるようにEGR弁を制御する。これで目標スモークレベルを維持するのに必要な酸素量が確保でき、スモークの排出量を許容値内に抑えつつ、最大限のNO<sub>x</sub>の低減が図れる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 EGRガスを含む全吸入空気中の酸素絶対量の変化に応じて低スモークを維持すべくEGR制御を行い、上記全吸入空気中の酸素濃度の変化に応じてNOxを低減させるべくEGR制御を行うことを特徴とする排気還流制御方法。

【請求項2】 エンジンの運転状況に応じてEGR弁の開度を調節することにより排気還流制御を行うに際して、EGRガスを含む全吸入空気中の酸素濃度、及び上記全吸入空気中の酸素量と燃料噴射量との比を求め、この酸素燃料比とスモーク許容限界値とを比較して、上記酸素燃料比が小さいときは上記スモーク許容限界値と等しくなるように上記EGR弁を制御し、大きいときには上記酸素濃度が目標酸素濃度と等しくなるように上記EGR弁を制御することを特徴とする排気還流制御方法。

【請求項3】 排気を還流させるための排気還流路に設けられたEGR弁と、吸気通路の上記排気還流路との接続位置よりも下流側に設けられその空気量及び酸素濃度を検出するための検出手段と、該検出手段による検出値及びエンジン運転状況に応じて上記EGR弁を動作させるコントロールユニットとを備え、該コントロールユニットに、スモーク許容限界値及び目標酸素濃度の設定値を記憶する記憶部と、上記検出値に基づいてEGRガスを含む全吸入空気中の酸素濃度、及び上記全吸入空気中の酸素量と燃料噴射量との比を演算すると共にこれら演算値と上記設定値とを比較して上記EGR弁の最適開度を判断する比較演算部と、上記EGR弁が最適開度になるように制御信号を出力する出力部とを設けたことを特徴とする排気還流制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、エンジンの排気ガスを吸気系に適宜還流させるEGRすなわち排気還流制御方法及びその装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近来にあっては、排気の一部を吸気系に戻すことによってNOx低減を図る排気還流(EGR)が広く使用されるようになってきている。その還流量(EGR量)は、燃焼の安定度などと両立するように精度よく制御する必要があり、特にディーゼルエンジンに適用する場合は、EGR過多になるとスモークの発生が大となるため、エンジンの運転状況に応じた高精度なEGR制御が必要である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 ところで従来のEGR制御においては、例えば特開平5-18324号公報に示されているように、EGR率(=EGRガス量/新気吸入量+EGRガス量)に基づいて制御を行うようになっているので、必ずしも制御精度が充分とはいえない。すなわち図12に示すように、EGR率とNOx低

減率(EGR無しの時のNOx排出量を100としたときの排出割合)との関係は、運転条件によってその相関様が大きく異なり、高負荷においてはわずかなEGR率の変化でNOx低減率が急激に変化する。これは、低・中負荷時は空気リッチで燃焼させるために排気ガス中に多くの酸素を含んでおり、高負荷になると減少するためである。従ってNOx低減をその目標値に高精度で制御することは困難であり、さらに運転状況によっては、例えば過給エンジンの過渡期におけるブースト遅れがあると、酸素不足によってスモークの悪化をまねきやすいという問題があった。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】 前記課題を解決すべく本発明は、EGRガスを含む全吸入空気中の酸素絶対量の変化に応じて低スモークを維持すべくEGR制御を行い、全吸入空気中の酸素濃度の変化に応じてNOxを低減させるべくEGR制御を行うものである。この排気還流制御方法を創案するに際し、本発明者らは実験等により、NOx低減率で表わされるNOxレベルは運転状況にかかわらず吸入酸素濃度に依存して一義的に決まるものであり(図11参照)、排出スモーク濃度で表わされるスモークレベルはEGRガス中の酸素量も考慮した空気過剰率入aに依存すること(図9参照)を見出だしている。また排気ガス中の酸素濃度はEGR率により変化すること(図10参照)、排気ガス中の酸素濃度はエンジン負荷及びエンジン回転数の運転条件により大きく変化すること(図8参照)を見出だしている。さらにスモークレベルは、酸素量と燃料噴射量との比に強い相関があり、しかも吸入空気量が減ると同一酸素濃度でもスモークは悪化すること(図7参照)を見出だしている。これらの研究成果をふまえて本発明は、従来のEGR率あるいは空気過剰率に代わる制御パラメータとして、EGRガスを含む全吸入空気中の酸素濃度及び酸素絶対量を提案するものである。この制御方法によって、スモーク排出量が許容限界値を越えることなく、しかもNOxの最大限の低減を行うことができる。

【0005】 また本発明は、エンジンの運転状況に応じてEGR弁の開度を調節することにより排気還流制御を行うに際して、EGRガスを含む全吸入空気中の酸素濃度、及び上記全吸入空気中の酸素量と燃料噴射量との比を求め、この酸素燃料比とスモーク許容限界値とを比較して、酸素燃料比が小さいときはスモーク許容限界値と等しくなるようにEGR弁を制御し、大きいときには酸素濃度が目標酸素濃度と等しくなるようにEGR弁を制御するものである。このように制御することで、目標となるスモークレベルを維持するために必要な酸素量が確保でき、スモークの排出量を常に許容値内に抑えつつ、最大限のNOxの低減が図れる。

【0006】 さらに本発明は、前記制御方法を実施するための装置であって、排気を還流させるための排気還流

路に設けられたEGR弁と、吸気通路の排気還流路との接続位置よりも下流側に設けられその空気量及び酸素濃度を検出するための検出手段と、検出手段による検出値及びエンジン運転状況に応じてEGR弁を動作させるコントロールユニットとを備え、該コントロールユニットに、スモーク許容限界値及び目標酸素濃度の設定値を記憶する記憶部と、検出値に基づいてEGRガスを含む全吸入空気中の酸素濃度、及び上記全吸入空気中の酸素量と燃料噴射量との比を演算すると共にこれら演算値と設定値とを比較してEGR弁の最適開度を判断する比較演算部と、EGR弁が最適開度になるように制御信号を出力する出力部とを設けたものである。この構成によって、検出手段は、EGRガスを含む全吸入空気量及び酸素濃度を検出する。コントローラは、これら検出値及び運転状況から、全吸入空気中の酸素濃度、及び全吸入空気中の酸素量と燃料噴射量との比を求める。そしてこの酸素燃料比とスモーク許容限界値とを比較し、その大小によりEGR弁を最適開度に制御する。これでスモークの排出量を常に許容値内に抑えつつ、最大限のNO<sub>x</sub>の低減が図れる高精度なEGR制御が達成される。

## 【0007】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を添付図面に従って説明する。

【0008】まず図1によって、本発明を適用した排気還流制御装置を説明する。この排気還流制御装置は、排気を還流させるための排気還流路1に設けられたEGR弁2と、吸気通路3に設けられその空気量及び酸素濃度を検出するための検出手段4と、検出手段4による検出値及びエンジン運転状況に応じてEGR弁2を動作させるコントロールユニット5とにより主として構成されている。

【0009】排気還流路は、排気通路6及び吸気通路3にこれらを短絡するように接続されている。排気通路6は、エンジン7のエキゾーストマニホールド8からマフラー9を経由して排気ガスを排出するように延びている。吸気通路3は、エアクリーナー10を経由して外気をエンジン7のインテークマニホールド11に導くようになっている。EGR弁2は、コントロールユニット5の出力部12に結線されたアクチュエータ13により動作されて、その開度に応じて排気通路6を流れる排気ガスの一部を吸気通路3に合流させて、エンジン7に還流されるようになっている。

【0010】検出手段4は、排気還流路2との接続位置(合流位置)22よりも下流側の吸気通路3に設けられており、圧力を検知すること等によって新気に合流したEGRガスを含む全吸入空気の流量V<sub>A</sub>を測定するエアフローセンサー14と、固体電解質の起電力等を利用して全吸入空気中の酸素濃度R<sub>02</sub>を測定する酸素濃度センサー15と、酸素の比重を補正するための吸気温度T<sub>i</sub>を測定する吸入温度センサー16とで構成されている。

これらセンサー14、15、16は、それぞれコントロールユニット5の入力部17に結線されている。なおエアフローセンサー14として、空気の質量流量を計測するセンサーを使用したときは、吸入温度センサー16を省略してもよい。このほか運転状況を検出するためのセンサーとして、エンジン7の回転数N<sub>e</sub>を計測する回転センサー18と、アクセル開度V<sub>L</sub>を計測するためのアクセル開度センサー19とが備えられ、コントロールユニット5の入力部17に結線されている。

【0011】コントロールユニット5は、入力部17及び出力部12のほかに、排出ガス規制値や商品性などから決まるスモーク許容限界値(スモークリミット)及び目標酸素濃度D<sub>02</sub>の設定値を記憶する記憶部20と、検出値に基づいて所定の演算及び比較判断を行う比較演算部(CPU)21とを備えている。記憶部20にはエンジン回転数N<sub>e</sub>及びアクセル開度V<sub>L</sub>から燃料噴射量Q<sub>F</sub>を求めるための燃料噴射量マップ(図3参照)と、エンジン回転数N<sub>e</sub>及び燃料噴射量Q<sub>F</sub>から目標酸素濃度D<sub>02</sub>を求めるための酸素濃度マップ(図4参照)と、酸素燃料比(Q<sub>02</sub>/Q<sub>F</sub>)スモーク濃度との関係を表わすスモークレベルマップ(図5参照)と、エンジン回転数N<sub>e</sub>及び燃料噴射量Q<sub>F</sub>からスモーク許容限界値Kを求めるための酸素燃料比マップ(図6参照)とが設けられている。このうち燃料噴射量Q<sub>F</sub>としては、単位時間当たりの燃料噴射量(リットル/1時間)を用いている。また酸素燃料比(Q<sub>02</sub>/Q<sub>F</sub>)における吸入空気量Q<sub>02</sub>は、次式によって算出するようになっている。

$$[0012] Q_{02} = V_A \times \gamma \times R_{02} / 100 \quad \dots \textcircled{1}$$

ここに $\gamma$ ：温度T<sub>i</sub>の時の酸素比重

そして比較演算部21は、これらマップによる検索及び演算によって最終的に得られた酸素燃料比(Q<sub>02</sub>/Q<sub>F</sub>)とスモーク許容限界値K、及び吸入酸素濃度R<sub>02</sub>と目標酸素濃度D<sub>02</sub>とをそれぞれ比較判断することによって、その時点のEGR弁2の最適開度を求め、出力部12を経由してアクチュエータ13への作動信号を出力するようになっている。

【0013】次に本発明の排気還流制御方法の実施の形態を、前記構成の排気還流制御装置によりEGR弁2の開度制御を行う際の作動として説明する(図2参照)。

【0014】まず運転状況を把握すべく、エンジン回転センサー18によってエンジン回転数N<sub>e</sub>を検出し(ST1)、アクセル開度センサー19によってアクセル開度V<sub>L</sub>を検出する(ST2)。これと並行して、吸入温度センサー16によって吸気通路3を通る吸入空気温度T<sub>i</sub>を検出し(ST3)、酸素濃度センサー15によって吸入空気の酸素濃度R<sub>02</sub>を検出し(ST4)、エアフローセンサー14によって吸入空気量V<sub>A</sub>を検出する(ST5)。これらの検出は、EGR弁2が開いているときは、新気だけでなく、EGRガスを加えた全吸入空気が対象となる。

【0015】次にこれら検出値  $N_e$ ,  $V_L$ ,  $T_i$ ,  $R_{02}$ ,  $V_A$  を入力したコントロールユニット 5 の比較演算部 2 1 が、所定の演算及び検索を行う。すなわち図 3 に示した燃料噴射量マップにより、アクセル開度  $V_L$  及びエンジン回転数  $N_e$  から、燃料噴射量  $Q_F$  を検索する (ST 6)。例えば図中、エンジン回転数  $N_e$  が「n」のとき、アクセル開度  $V_L$  が 70% であれば、燃料噴射量  $Q_F$  は「q」と求められる。そして図 4 に示した酸素濃度マップにより、燃料噴射量  $Q_F$  及びエンジン回転数  $N_e$  から、目標酸素濃度  $D_{02}$  を検索する (ST 7)。例えば図中、エンジン回転数  $N_e$  が「n」、燃料噴射量  $Q_F$  が「q」であれば、 $D_{02}=17\%$  と求められる。次にこの酸素濃度マップにより求めた目標酸素濃度  $D_{02}$  が、EGR 領域か否か、例えば  $D_{02} \neq 21\%$  であるか否かを判断する (ST 8)。目標酸素濃度  $D_{02}$  が 21% であれば EGR弁 2 を全閉として (ST 9)、排気還流は行わないものとし、フロー最初の検出及び検索に戻る。そして EGR 領域であれば、前記①式により、吸入酸素量  $Q_{02}$  を演算すると共に (ST 10)、図 6 に示した酸素燃料比マップによりスモーク許容限界値に相当する酸素燃料比 (K) を求める (ST 11)。例えば図中、エンジン回転数  $N_e$  が「n」、燃料噴射量  $Q_F$  が「q」であれば、スモーク許容限界値の酸素燃料比は「 $K_2$ 」と求められる。そしてスモーク許容限界値 K と、検出値による酸素燃料比 ( $Q_{02}/Q_F$ ) との比較を行う (ST 12)。この比較において、酸素燃料比 ( $Q_{02}/Q_F$ ) がスモーク許容限界値 K よりも大きいとき、すなわち良好なスモークとなる酸素量が確保されているときは、酸素濃度  $R_{02}$  が目標酸素濃度  $D_{02}$  となるような EGR弁 2 の制御を行う (ST 13)。例えば  $R_{02} > D_{02}$  であれば、EGR弁 2 の開度を大きくして、EGR量を増やし、 $R_{02} = D_{02}$  となるようにする。また  $R_{02} < D_{02}$  であれば、EGR弁 2 の開度を小さくして EGR量を減らす。EGR量が減ると、それだけ新気の吸入空気量がふえるので、全吸入空気の酸素濃度  $R_{02}$  は増加し、最終的に  $R_{02} = D_{02}$  となるまで開度を小さくする。そして酸素燃料比 ( $Q_{02}/Q_F$ ) がスモーク許容限界値 K よりも小さいとき、すなわち図 5 中、「a」が「K」よりも左側に位置しているときは、図中 A n で示したように、スモークリミットを越える運転 (回転) 領域が存在することになるので、 $Q_{02}/Q_F = K$  となるように EGR弁 2 の開度を小さくして、必要な酸素量  $Q_{02}$  を確保する (ST 14)。

【0016】このように、EGRガスを含む全吸入空気中の酸素濃度  $R_{02}$ 、及び酸素量  $Q_{02}$  と燃料噴射量  $Q_F$  との比の変化に応じて EGR弁 2 の開度を制御するものとし、スモーク許容限界値 K より少ない酸素量  $Q_{02}$  である場合は酸素絶対量を増加させて目標スモークレベルを確保し、多い酸素量  $Q_{02}$  である場合は目標  $NO_x$  レベルに低減するために必要な酸素濃度  $R_{02}$  とするようにしたので、低スモーク及び最大限の  $NO_x$  低減を確実に両立て

き、あらゆる運転状況に応じた高精度な EGR制御が達成できる。例えば過給ディーゼルエンジンに適用した場合、加速時などの過渡状態ではブースト遅れが発生し、図 7 に示したように、吸入空気が定常状態よりも減るが、燃料噴射量  $Q_F$  に対する必要酸素量 ( $Q_{02}/Q_F$ ) を考慮した制御をしているので、その運転状況の変化に瞬時に対応でき、スモーク排出量がその許容限界値 K を越える事態をまねくことはない。またエアクリーナの目詰りなどで吸気抵抗が増加し吸入空気量が減少するといった個々の装置に固有の状況があつても、これに左右されることなく高精度な EGR制御ができる。

【0017】なお図 2 ではスモーク許容限界値 K を運転状況により変える (ST 11) ものとしたが、目標レベルとして固定的に設定するようにしてもよい。また図 4 及び図 6 の制御マップでは一方のバラメータを燃料噴射量  $Q_F$  としているが、アクセル開度  $V_L$  を用いても構わない。さらに、本発明に対比すべき技術としては、スモークの発生量が許容限界を越えないように EGR制御を行うとした実開平 4-116654 号公報がある。ただしこの提案は、スモークリミット空気量を目標新気吸入量と比較するものであり、EGRガス中の酸素は考慮していないので、EGRガス中の酸素分だけ多すぎたり少なすぎたりして EGRのかかり方にバラツキが生じ、高精度な EGR制御が難しいと考えられる。本発明においては、EGRガス中の酸素を考慮していることで、運転条件の変化によるスモークの悪化を未然に防ぐ高精度な EGR制御が達成できるものである。

【0018】

【発明の効果】以上要するに本発明によれば、運転状況の急速な変化なども対応する高精度な EGR制御ができる、スモークの排出量を常に許容値内に抑えつつ最大限の  $NO_x$  低減が達成されるという優れた効果を発揮する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の排気還流制御装置の実施の形態を示した構成図である。

【図 2】本発明の排気還流制御方法の実施の形態を示したフローチャートである。

【図 3】図 2 中の燃料噴射量マップを示した図である。

【図 4】図 2 中の酸素濃度マップを示した図である。

【図 5】図 2 の酸素燃料比とスモーク濃度との関係を示した図である。

【図 6】図 2 中の酸素燃料比マップを示した図である。

【図 7】酸素濃度とスモーク排出量及び酸素燃料比との関係を示した図である。

【図 8】運転状況による酸素濃度の変化を示した図である。

【図 9】空気過剰率と排出スモーク濃度との関係を示した図である。

【図 10】EGR率と排気ガス中の酸素濃度との関係を

示した図である。

【図11】吸入酸素濃度とNO<sub>x</sub>低減率との関係を示した図である。

【図12】従来技術の課題を説明するためのEGR率とNO<sub>x</sub>低減率との関係を示した図である。

【符号の説明】

- 1 排気還流路
- 2 EGR弁
- 3 吸気通路
- 4 検出手段

5 コントロールユニット

20 記憶部

21 比較演算部

22 接続位置

K スモーク許容限界値

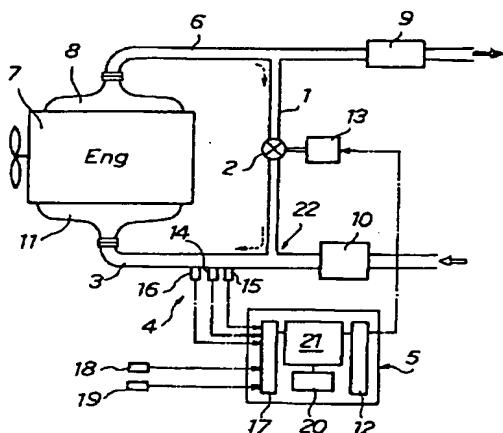
D<sub>02</sub> 目標酸素濃度

R<sub>02</sub> 酸素濃度

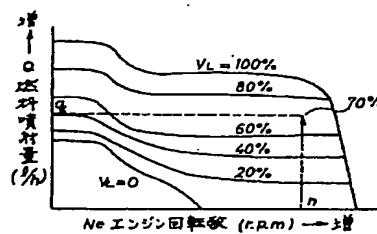
Q<sub>02</sub> 酸素量

Q<sub>F</sub> 燃料噴射量

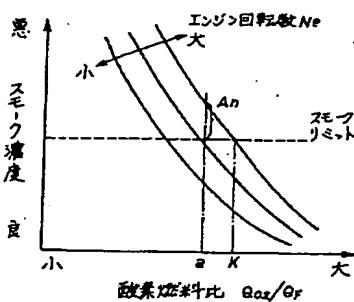
【図1】



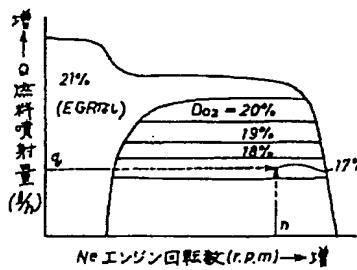
【図3】



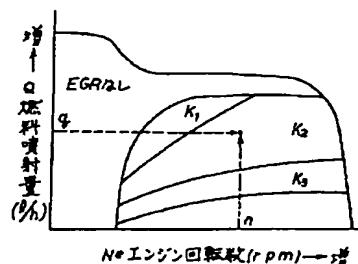
【図5】



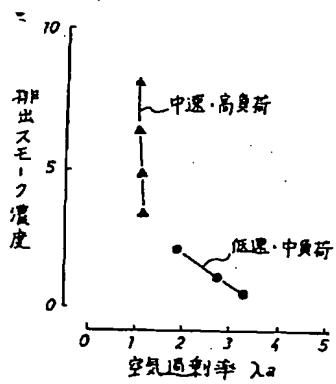
【図4】



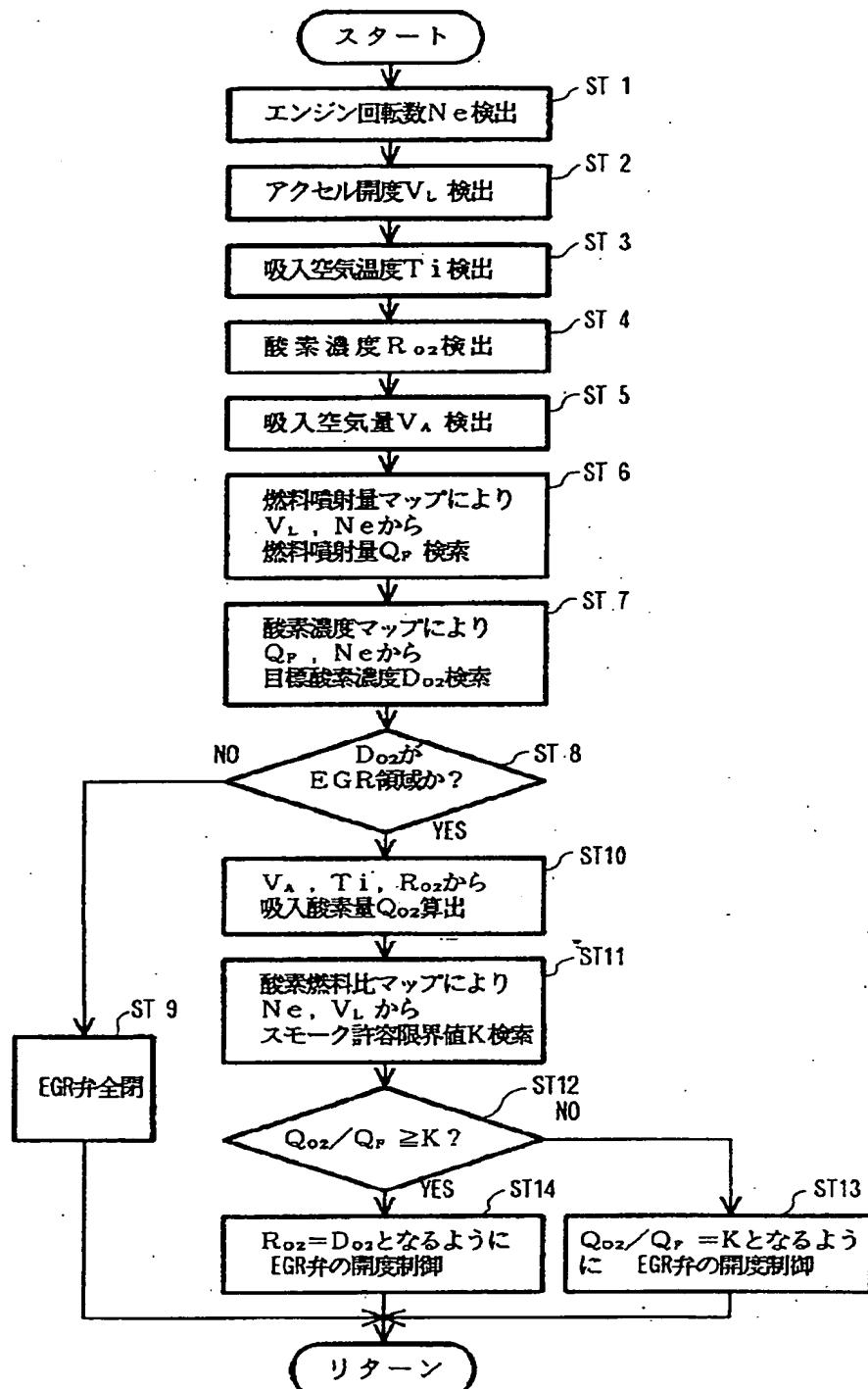
【図6】



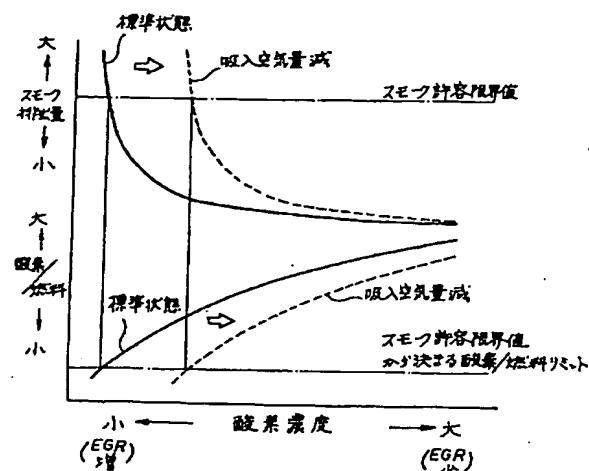
【図9】



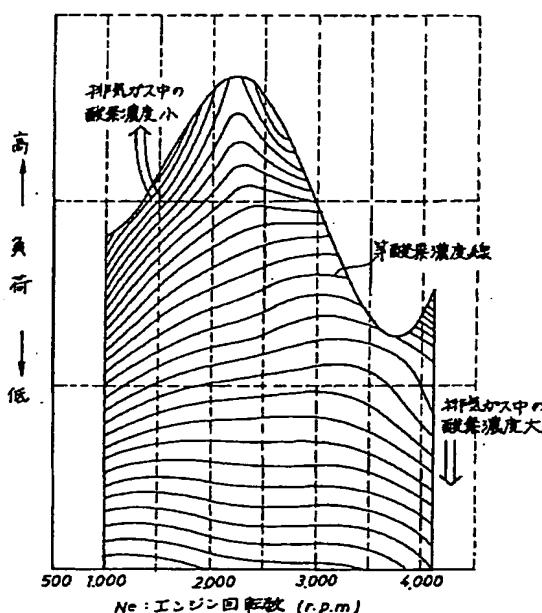
【図2】



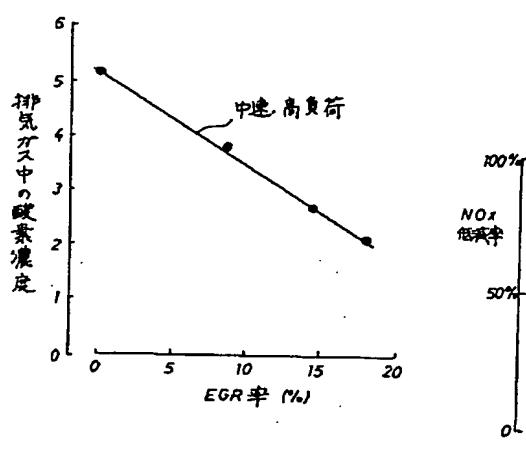
【図 7】



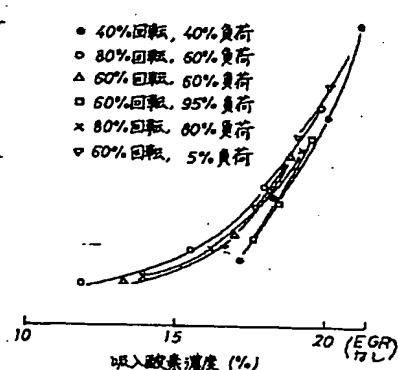
【図 8】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

